

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 022 402
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 14 55439

51 Int Cl⁸ : H 01 M 10/6554 (2013.01), H 01 M 10/653

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.06.14.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.12.15 Bulletin 15/51.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES — FR.

72 Inventeur(s) : MINGANT REMY et SAUVANT-MOY-
NOT VALERIE.

73 Titulaire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES.

74 Mandataire(s) : IFP ENERGIES NOUVELLES.

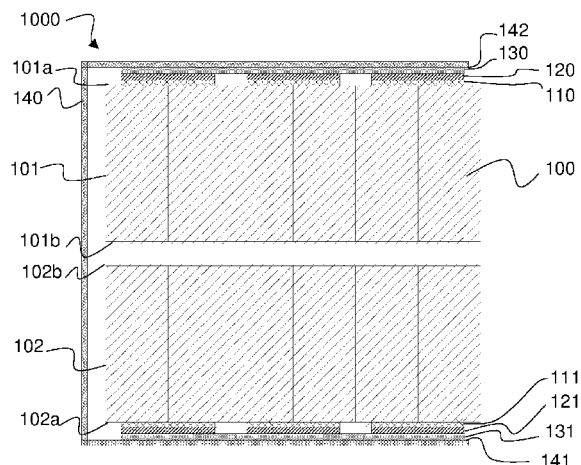
54 BATTERIE ELECTRIQUE MODULAIRE COMPRENANT UN DISPOSITIF DE PROTECTION ET DE
REGULATION THERMIQUE.

57 L'invention porte sur une batterie électrique modulaire
améliorée intégrant des fonctions de régulation thermique et
de protection mécanique. La batterie comprend :

○ un ensemble de cellules rechargeables (100) connec-
tées électriquement entre elles, disposées pour former au
moins un plateau (101) comprenant au moins une première
face (101a) comportant des moyens de connexion élec-
trique (110) entre cellules,

○ un dispositif de protection et de régulation thermique
comprenant au moins un joint en matériau à la fois isolant
électrique et conducteur thermique (120) intercalé entre les
moyens de connexion électrique (110) de la première face
et un collecteur thermique comprenant au moins une plaque
en matériau thermiquement conducteur (130) en contact
avec le joint.

○ un boîtier (140) contenant au moins l'ensemble de cel-
lules et comportant au moins une paroi thermiquement
conductrice (142) en contact avec la plaque.



FR 3 022 402 - A1



Domaine de l'invention

La présente invention concerne le domaine des batteries électriques modulaires (ou packs batteries), notamment la régulation thermique des batteries électriques modulaires rechargeables.

5

Contexte général

L'utilisation de packs batteries comme sources réversibles d'énergie et de puissance dans les applications portables est courante, et elle se généralise dans les applications de traction et les applications stationnaires. Dans ces applications où de forts
10 niveaux de tension et des capacités élevées sont nécessaires, les packs batteries sont généralement formés de modules, connectés entre eux en série et/ou en parallèle suivant l'application visée. Chaque module intègre une pluralité de cellules élémentaires, qui sont des cellules électrochimiques de stockage et de restitution d'énergie électrique, connectées en série et/ou en parallèle par une connectique appropriée au passage du
15 courant. Une architecture de batterie électrique modulaire, où des modules compacts de taille intermédiaire constituent individuellement une source d'énergie et de puissance, est classiquement utilisée car elle apporte une flexibilité pour l'agencement, l'utilisation et la maintenance des modules.

20 Certaines fonctions du pack batterie comme la régulation thermique, la protection mécanique et la sécurité pour le stockage réversible de l'énergie électrique doivent alors être prises en compte et assurées au niveau du module de batterie.

Actuellement, différentes technologies de batteries rechargeables, aussi
25 appelées batteries secondaires, assurant le stockage réversible d'énergie électrique sous forme électrochimique, sont utilisées pour les applications associées à la traction électrique des véhicules ou aux énergies stationnaires. Parmi celles-ci, les batteries Li-ion sont largement étudiées.

Un module de batterie doit être régulé thermiquement notamment car la charge
30 et la décharge des cellules entraînent des élévations de température, en particulier dues à la résistance interne des cellules et à celle des connectiques reliant les cellules. Or, une batterie doit fonctionner dans une gamme de température limitée, notamment les batteries Li-ion, afin d'une part de prévenir tout risque d'emballement thermique des cellules, et

d'autre part de limiter les phénomènes de vieillissement des cellules, qui affectent les performances du module et requièrent une maintenance accrue.

Différents phénomènes indésirables peuvent intervenir si une ou plusieurs
5 cellules d'un pack batterie se trouvent en dehors des plages de température et/ou de tension préconisées par le constructeur. Ces phénomènes peuvent être provoqués par un point chaud localement et/ou une surcharge, mais également par un endommagement mécanique sur les cellules, comme une perforation, ou un contact sur les connectiques provoquant un court-circuit.

10 Suivant la chimie de l'accumulateur, ces phénomènes vont pouvoir irréversiblement endommager les matériaux actifs, réduire la capacité de cellule, rendre le système inopérant voire provoquer un emballement thermique assorti de risques de feu et/ou de dégagements gazeux.

Pour ce qui concerne les accumulateurs Li-ion, des systèmes de sécurité
15 "passifs" sont intégrés dans la conception de chaque élément (séparateur capable de couper irréversiblement la circulation de l'électrolyte entre les électrodes, compartiment à gaz et évent pour éviter la montée en pression, etc) afin de réduire les risques d'emballement thermique. Une électronique spécifique peut également être intégrée dans la cellule, avec le même objectif. A l'échelle du module ou du pack, le système de gestion
20 de la batterie ou Battery Management System (BMS) en termes anglo-saxons doit assurer le fonctionnement en toute sécurité en conditions d'usage normal et limiter les risques en usage abusif. Or les possibilités d'endommagement mécanique d'un pack sont multiples, eu égard aux versatilités des usages, notamment dans un véhicule. Si une protection mécanique externe est couramment utilisée, le BMS paraît impuissant à éviter un court-
25 circuit initié sur les connectiques et la propagation de chaleur associée via les connectiques.

Une protection mécanique du module est donc également importante pour
réduire les risques d'endommagement par court-circuit, induits par exemple lors d'un choc
30 qui conduit à la perforation d'une cellule ou lorsqu'un composant électriquement conducteur entre en contact avec les connectiques.

La prise en compte des fonctions de régulation thermique et de protection mécanique à l'échelle du module dans une batterie électrique modulaire permet d'en améliorer la sécurité.

5 De nombreuses techniques de refroidissement et diverses architectures de batteries modulaires existent.

La demande de brevet US 2013/0089768 A1 décrit par exemple un pack batterie dans lequel des inserts conducteurs thermiques sont glissés entre des cellules cylindriques parallèlement à leurs axes, et sont fixés au boîtier du pack par une extrémité
10 au moins. Ces inserts dissipent la chaleur captée par contact direct avec les faces latérales des cellules vers l'extérieur de du pack batterie. Toutefois, la chaleur conduite et dissipée par les connectiques n'est pas drainée vers l'extérieur, au risque de générer des points chauds dans le module, et aucune précaution n'est prise quant au risque de propagation par les connectiques de la chaleur générée par un court-circuit d'une cellule à
15 l'autre.

La demande de brevet WO 2012/136439 A1 décrit une batterie modulaire comprenant un empilement de cellules dans laquelle au moins un élément de refroidissement est inséré entre deux cellules prismatiques adjacentes dans l'empilement. L'élément de refroidissement comporte une section thermo-conductrice située entre les
20 cellules et une section de refroidissement qui ressort latéralement à l'extérieur de l'empilement. Cependant, la chaleur collectée et dissipée par les connectiques n'est pas drainée vers l'extérieur, risquant alors de générer des points chauds propices à l'emballement thermique et des gradients thermiques au sein de la cellule propices au vieillissement. De surcroît, la structure du module de batterie apparaît protubérante plutôt
25 que compacte, ce qui n'est pas souhaitable pour l'agencement des modules d'un pack modulaire en milieu confiné.

La demande de brevet US 2012/0034499 A1 décrit une batterie modulaire dans laquelle une bande thermique possédant des propriétés de conduction thermique et
30 électrique élevées, est connectée entre la borne d'une première cellule et la borne d'une seconde cellule, et est reliée à la paroi du boîtier de la batterie présentant une conductivité thermique élevée par un dispositif de pont thermique caractérisé par son isolation électrique. Cependant, aucune précaution n'est prise quant aux risques

d'occurrence de court-circuit et de propagation de court-circuit au niveau des connectiques, notamment de propagation de la chaleur d'une cellule à l'autre.

La demande de brevet EP 2 530 778 A1 décrit un autre exemple de batterie modulaire dans laquelle est réalisée une dissipation active de la chaleur par un système
5 de ventilation interne ou externe à la batterie, ou par un système de circulation d'un fluide de refroidissement. La batterie comporte un ensemble d'inserts conducteurs thermiques et isolants électriques, fixés à un socle dissipateur thermique, glissés entre des cellules cylindriques parallèlement à leurs axes, qui isolent de manière étanche les cellules individuellement au niveau des faces latérales et inférieures. Ces inserts captent la
10 chaleur dégagée par contact direct avec les faces latérales des cellules et la conduisent vers le dissipateur thermique qui est ventilé par un système de ventilation interne ou externe à la batterie, ou qui est en contact avec un échangeur de chaleur. Ce type de batterie, spécifique aux batteries rechargeables cylindriques, a pour principal inconvénient de reposer sur une dissipation active de la chaleur, nécessitant de l'énergie. D'autre part
15 le système présente une structure complexe, comportant divers éléments composites imbriqués les uns dans les autres.

Objectifs et résumé de l'invention

La présente invention a pour objectif de surmonter au moins en partie les
20 problèmes de l'art antérieur mentionnés ci-dessus, et vise généralement à fournir une batterie électrique modulaire améliorée en termes de sécurité par une intégration combinée de fonctions de régulation thermique et de protection mécanique de la batterie.

La présente invention vise en particulier à fournir une batterie modulaire qui peut
25 à la fois être régulée thermiquement, sans nécessiter un apport d'énergie spécifique pour cette régulation thermique, de manière à prévenir tout risque d'emballement thermique des cellules et à limiter les phénomènes de vieillissement des cellules, et dans laquelle les risques d'endommagement de la batterie par occurrence et propagation de court-circuit pouvant être provoqués mécaniquement, en particulier au niveau des
30 connectiques, sont limités.

La présente invention est bien adaptée à la traction de véhicules électriques, notamment des véhicules électriques dans lesquels les sollicitations des batteries sont

très importantes et peuvent entraîner un emballement thermique lié à un usage « abusif », allant au-delà de l'usage normal, ou lié à un endommagement mécanique.

Ainsi, pour atteindre au moins l'un des objectifs susvisés, parmi d'autres, la présente invention propose, selon un premier aspect, une batterie électrique modulaire comportant :

- un ensemble de cellules électrochimiques de stockage et de restitution d'énergie électrique connectées électriquement entre elles, chaque cellule comportant une borne positive et une borne négative, les cellules étant disposées les unes à côté des autres pour former au moins un plateau comprenant au moins une première face comportant des moyens de connexion électrique entre les cellules,
- un dispositif de protection et de régulation thermique comprenant au moins un joint en matériau à la fois isolant électrique et conducteur thermique intercalé entre lesdits moyens de connexion électrique de ladite première face et un collecteur thermique comprenant au moins une plaque en matériau thermiquement conducteur en contact avec ledit joint,
- un boîtier contenant au moins ledit ensemble de cellules et comportant au moins une paroi thermiquement conductrice en contact avec ladite plaque.

Selon un mode de réalisation, la batterie comprend au moins deux plateaux de cellules, disposés l'un face à l'autre par une deuxième face, opposée à ladite première face comportant des moyens de connexion.

Selon un mode de réalisation, la batterie peut comprendre au moins une tige en matériau thermiquement conducteur fixée à ses deux extrémités auxdites plaques de chacun des deux plateaux, ladite tige étant insérée entre les cellules.

Le boîtier peut alors comporter une seule paroi thermiquement conductrice en contact avec une seule plaque du collecteur, de manière à développer une surface de contact telle que la chaleur de l'ensemble des cellules est dissipée et évacuée vers l'extérieur de la batterie de manière passive.

Avantageusement, la batterie comporte au moins un plateau intermédiaire disposé entre lesdits deux plateaux, et comportant un dispositif de protection et de régulation thermique similaire aux autres plateaux, ladite au moins une tige en matériau thermiquement conducteur étant en outre fixée à la plaque du plateau intermédiaire.

Une pluralité de tiges peuvent être réparties entre les cellules, chaque tige étant de préférence disposée entre quatre cellules adjacentes situées sur deux rangées de

cellules d'un même plateau, l'ensemble de tiges comprenant de préférence entre 2 et $(n-1) \times (m-1)$ tiges, n étant le nombre de cellules par rangée d'un plateau et m étant le nombre de rangées du même plateau.

5 Selon un mode de réalisation, les cellules sont de forme cylindrique, de préférence ayant chacune leur borne positive et leur borne négative sur deux faces opposées de la cellule.

Alternativement, les cellules électrochimiques sont des cellules prismatiques, ayant chacune leur borne positive et leur borne négative sur une même face de la cellule.

De préférence, les cellules sont de type Li-ion.

10 Avantageusement, la plaque est formée d'un ou plusieurs matériaux thermiquement conducteur, de préférence en métal et/ou en matériau composite comprenant des charges thermiquement conductrices.

Le joint peut être sous une forme discontinue et constitué par un ensemble de lamelles.

15 Le joint peut également être sous forme d'un tapis continu.

Avantageusement, la paroi thermiquement conductrice du boîtier est en matériau plastique ou composite comprenant de préférence un ou plusieurs polymères thermoplastiques de type acide polylactique, acrylonitrile-butadiène-styrène, ou nylon.

20 La paroi thermiquement conductrice du boîtier peut également être en métal, de préférence en aluminium.

La présente invention porte également sur un véhicule électrique ou hybride comprenant une batterie selon l'invention.

25 D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit d'exemples de réalisations particuliers de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, la description étant faite en référence aux figures annexées décrites ci-après.

Brève description des figures

30 La figure 1 est une coupe transversale schématique d'une batterie modulaire selon un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 est une coupe transversale schématique d'une batterie modulaire selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 est une vue du dessus schématique d'une batterie modulaire selon le deuxième mode de réalisation de l'invention illustré à la figure 2.

La figure 4 est une coupe transversale schématique d'une batterie modulaire selon une variante du deuxième mode de réalisation de l'invention, comprenant trois
5 plateaux de cellules.

Les figures 5 et 6 représente l'élévation thermique dans des batteries modulaires selon l'art antérieur.

La figure 7 représente l'élévation thermique dans une batterie modulaire selon l'invention.

10

Sur les figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou analogues.

Description de l'invention

15

L'objet de l'invention est de proposer une batterie modulaire comportant un dispositif de régulation thermique par dissipation passive de la chaleur et de protection mécanique de la batterie, permettant d'améliorer la sécurité d'utilisation de la batterie.

20

Par un dispositif de dissipation passive de la chaleur, on entend un dispositif ne nécessitant pas un système consommateur d'énergie, notamment d'électricité, pour son fonctionnement, par opposition aux dispositifs de dissipation de chaleur actifs tels que des systèmes de ventilation d'air mettant en œuvre des ventilateurs ou des systèmes de circulation de fluide caloporteur avec pompe (échangeur de chaleur).

25

Dans la présente description, on se référera indifféremment à l'expression batterie modulaire ou batterie électrique modulaire ou pack batterie, pour désigner une batterie électrique comportant au moins un module formé d'un boîtier et intégrant une pluralité de cellules élémentaires ou éléments, connectés en série et/ou en parallèle par
30 une connectique appropriée au passage du courant. Le terme connectique et l'expression moyens de connexion électrique ont la même signification dans la présente description. La pluralité de cellules de chaque module peut être agencée sous forme de plateaux de cellules tels que décrits ci-après. Une batterie modulaire peut être composée de plusieurs modules connectés entre eux en série et/ou en parallèle suivant l'application visée.

Dans tout le présent exposé, sauf indication expresse contraire, un singulier doit être interprété comme un pluriel et réciproquement.

5 La présente invention concerne les batteries électriques modulaires rechargeables, c'est-à-dire comprenant des cellules rechargeables électriquement qui sont des cellules électrochimiques unitaires contenant deux électrodes plongeant dans un électrolyte. Ces cellules sont des accumulateurs électrochimiques d'énergie, c'est-à-dire des générateurs électrochimiques rechargeables. Une telle cellule fonctionne
10 spontanément dans le sens générateur lorsque ses électrodes sont mises en contact par un circuit électrique extérieur, par conversion de l'énergie chimique contenue dans les matières actives qui la composent directement en énergie électrique par l'intermédiaire de réactions d'oxydo-réduction (réactions redox), et, ces réactions redox étant réversibles, peut accumuler de l'électricité en branchant une alimentation électrique à ses bornes
15 créant un courant inverse au sens de la décharge.

La présente invention propose une régulation thermique d'une batterie électrique modulaire permettant de dissiper de manière efficace et d'évacuer vers l'extérieur de la batterie la chaleur développée à la fois par les cellules et par leur connectique.

20 En effet, le dispositif de protection et de régulation thermique selon l'invention permet avantageusement de drainer la chaleur conduite et dissipée aux extrémités des cellules, développée par les cellules elles-mêmes ainsi que par les connectiques associées.

La régulation thermique de la batterie selon l'invention est ainsi optimale en ce
25 qu'il est plus efficace de récupérer la chaleur aux extrémités des cellules qu'en tout autre point, et qu'il est également possible de récupérer la chaleur développée par les connectiques, comme cela est expliqué ci-après.

La température d'une cellule peut être calculée à partir d'un bilan d'énergie
30 faisant intervenir :

- le flux de chaleur interne φ_{gen} généré par l'activité de la cellule, associé aux pertes réversibles et irréversibles pour chaque réaction électrochimique,
- le flux φ_{tra} transféré vers le milieu ambiant à température T_a .

Le flux thermique net à travers un accumulateur, φ , peut être facilement calculé comme le bilan entre les flux internes et externes, i.e. $\varphi = \varphi_{gen} - \varphi_{tra}$. La quantité de chaleur stockée dans la batterie, obtenue par intégration du flux de chaleur dans le temps, permet alors de calculer la température de la batterie connaissant la relation (1) suivante:

$$M_{cell}C_p \frac{dT(t)}{dt} = \varphi_{gen}(t) - \varphi_{tra}(t) \quad (1)$$

où C_p est la capacité thermique spécifique moyenne de la cellule et M_{cell} sa masse. Le flux de chaleur généré par la partie active des cellules, noté φ_{gen} s'écrit selon l'équation (2) suivante :

10

$$\varphi_{gen} = RI^2 + I \left(\frac{\partial OCV}{\partial T} \right)_{SoC} T \quad (2)$$

Avec :

R, la résistance de la cellule [Ω],

OCV, open circuit voltage (la tension à vide de la batterie) [V],

I, l'intensité du courant circulant dans la cellule [A],

15

T, la température de la cellule [K],

On distingue dans l'équation (2):

une contribution ohmique liée aux pertes par effet Joule $\varphi_{Joules} = RI^2$,

une contribution dite entropique $\varphi_{entropic} = I \left(\frac{\partial OCV}{\partial T} \right)_{SoC} T$.

20

$$\frac{dU}{dT}$$

La valeur de l'OCV et de $\frac{dU}{dT}$ dépend de l'état de charge (SoC) qui est lui-même calculé en fonction de l'intensité.

La valeur de R dépend de l'état de charge et de la température.

La dissipation thermique des cellules est anisotrope compte tenu des caractéristiques électriques et thermiques des cellules de batterie. En général, la composition interne des cellules électrochimiques induit des caractéristiques de conduction électrique et thermique de cellule significativement plus importantes dans le sens axial (défini par l'axe de symétrie principal supportant les connexions) que dans le sens radial (plan perpendiculaire au sens axial défini précédemment). On pourra citer à titre d'exemple les mesures réalisées par Drake et al., 2014 sur des cellules cylindriques Li-ion (S.J. Drake et al, Measurement of anisotropic thermophysical properties of cylindrical Li-ion cells, Journal of Power Sources, 252 (2014) 298-304). En conséquence, le flux de chaleur produit par les cellules est sensiblement plus important dans le sens axial des cellules.

Indépendamment de la dissipation thermique associée à la partie active des cellules, les connectiques en métal assurant la liaison électrique entre les cellules sont également le siège d'une dissipation thermique irréversible par effet Joules, selon l'équation (3) :

$$\varphi_{connectique} = RI^2 \quad (3)$$

Avec :

R, la résistance de la connectique [Ω],

I, l'intensité du courant circulant dans la connectique [A].

20

En conséquence, l'échauffement des batteries en usage nominal correspond à la somme des effets donnés dans les équations (1) et (3).

La batterie électrique modulaire selon l'invention comporte :

- 25 - un ensemble de cellules connectées électriquement entre elles, chaque cellule comportant une borne positive et une borne négative, les cellules étant disposées les unes à côté des autres pour former au moins un plateau comprenant au moins une première face comportant des moyens de connexion électrique entre cellules,
- un dispositif de protection et de régulation thermique comprenant au moins un joint en
- 30 matériau à la fois isolant électrique et conducteur thermique intercalé entre les moyens de

connexion électrique de la première face et un collecteur thermique comprenant au moins une plaque en matériau thermiquement conducteur en contact avec le joint,
- un boîtier contenant au moins l'ensemble de cellules et comportant au moins une paroi thermiquement conductrice en contact avec ladite plaque.

5

Selon l'invention, la dissipation de la chaleur et son évacuation à l'extérieur de la batterie modulaire se fait uniquement de manière passive. Ainsi, il est notamment possible de s'affranchir de systèmes complexes de régulation thermique, pouvant être encombrants et consommateurs d'énergie.

10

Un premier mode de réalisation de la batterie selon l'invention est illustré à la figure 1. La batterie est représentée de manière schématique selon une coupe transversale. Seule une partie de la batterie est représentée.

Pour la suite de la description, on définit une direction longitudinale X selon la longueur de la batterie, une direction transversale Y selon la largeur de la batterie, le plan (XY) étant défini comme horizontal. On définit également une direction verticale Z selon la hauteur de la batterie, perpendiculaire au plan (XY), et formant avec la direction Y un plan vertical (YZ).

La batterie modulaire 1000 comporte un module comprenant une pluralité de cellules électrochimiques de stockage et de restitution d'énergie électrique 100.

Les cellules 100 sont des cellules Li-ion prismatiques dont les bornes positive et négative sont situées sur une même face de la cellule. Les cellules 100 sont combinées électriquement en série et/ou parallèle, et sont arrangées de manière à former un ou deux plateaux (101, 102). L'ensemble des cellules ainsi connectées développent une tension et une capacité adaptées à des applications pour lesquelles une cellule unique ne suffit pas, telles que des applications de traction de véhicules.

La figure 1 représente un exemple de batterie comprenant deux plateaux de cellules 101 et 102. Un plateau est défini comme un arrangement sur un même plan horizontal (XY) de plusieurs cellules disposées les unes à côté des autres et connectées électriquement. Les cellules sont arrangées sur chaque plateau parallèlement à leur axe principal de symétrie, qui passe par la ou les faces de la cellule portant les bornes, selon la direction verticale Z. Chaque plateau est formé d'une ou plusieurs rangées de cellules 100, chaque rangée de cellules s'étendant selon la direction transversale Y.

Sur la coupe transversale de la figure 1, sont représentées, pour chacun des plateaux 101 et 102, six cellules 100 alignées selon la direction Y pour former une rangée. Les deux plateaux 101 et 102 sont disposés l'un au-dessus de l'autre selon la direction verticale Z. Chaque plateau comporte une face supérieure opposée à une face inférieure, la face supérieure étant tournée vers l'extérieur de la batterie. Le plateau 101 comporte ainsi une face supérieure 101a et une face inférieure 101b, et le plateau 102 comporte une face supérieure 102a et une face inférieure 102b, les deux faces inférieures 101b et 102b étant en vis-à-vis au sein du module. Les faces supérieures 101a et 102a, tournées vers l'extérieur du module, comportent les bornes des cellules prismatiques 100.

10

Les cellules 100 de chaque plateau peuvent être en contact, tel que représenté à la figure 1, ou être séparées d'un espace. Un flasque (non représenté) est éventuellement utilisé pour maintenir, au sein d'un plateau, les cellules 100 à une distance fixe les unes des autres, ainsi que pour maintenir un écartement entre les plateaux.

15

Sur un plateau donné, chaque cellule 100 est connectée par l'intermédiaire d'au moins une de ses bornes à l'une des bornes d'une cellule 100 voisine au moyen d'une connectique (110,111) appropriée au passage du courant, par exemple une connectique métallique, tel qu'un clinquant de cuivre ou de nickel. Ainsi, toutes les cellules, sauf dans certains cas celles qui sont situées à la périphérie du plateau, sont connectées par l'intermédiaire de leur deux bornes à deux cellules voisines par une connectique métallique (110, 111). Sur la figure 1, les cellules alignées selon une rangée pour chaque plateau sont par exemple reliées en série : les connectiques (110, 111) représentées relient une borne positive à une borne négative de deux cellules adjacentes sur une même rangée, les connectiques reliant les autres bornes de ces même cellules se situent dans un autre plan que celui de la coupe de la figure 1.

20

Chaque connectique (110, 111) est surmontée par un joint (120,121), de préférence plan, isolant électrique et conducteur thermique. De préférence, chaque joint recouvre la plus grande partie de la surface des bornes reliées par chaque connectique.

25

Les joints sont fabriqués à base d'un matériau polymère, non conducteur électrique, incluant des charges conductrices thermiques de manière à préserver l'isolation électrique tout en assurant un certain niveau de conduction thermique. Les charges conductrices thermiques peuvent être du carbure de silicium, des céramiques, des métaux, du graphite, par exemple sous formes de poudres. Les joints, isolants

30

électriques, présentent de préférence des résistivités supérieures à 10^6 Ohm/m. La conductivité thermique des joints est de préférence supérieure à 0,1 W/m/K.

Les joints peuvent se présenter sous forme de lamelles (forme discontinue du joint) ou d'un tapis continu.

5 Les joints (120, 121) sont placés entre les connectiques (110,111) et un collecteur thermique (130, 131), selon la direction verticale Z. Chaque joint est ainsi intercalé entre les connectiques (110,111) de la première face (101a,102a) des plateaux et le collecteur thermique comprenant au moins une plaque en matériau thermiquement
10 entre les connectiques (110,111) et le collecteur thermique (130, 131) par contact substantiel entre leurs deux faces.

Selon ce premier mode de réalisation, le collecteur thermique comprend une plaque dotée de très bonnes propriétés de conduction thermique et qui recouvre l'ensemble des joints (120,121) d'un plateau (101,102). Le module comportant deux
15 plateaux 101 et 102 est donc doté de deux plaques de collecte 130 et 131 disposées vers l'extérieur comme illustré sur la figure 1. Ces plaques permettent de collecter la chaleur des connectiques et des cellules 100 de tout le module. Une telle configuration permet également une répartition homogène de la chaleur entre les cellules. Le collecteur thermique est formé par un ou plusieurs matériaux conducteurs thermiques, de
20 préférence des matériaux métalliques, par exemple de l'aluminium, ou par des matériaux composites contenant des charges conductrices thermiques, telles que du carbure de silicium, des céramiques, des métaux, du graphite, par exemple sous formes de poudres. Le collecteur thermique a une conductivité thermique de préférence supérieure à 10 W/m/K, et plus préférentiellement supérieure à 100 W/m/K.

25 L'ensemble formé par les cellules 100, les connectiques (110,111), les joints (120,121), et les collecteurs comprenant les deux plaques 130 et 131, est inclus dans un boîtier 140, de manière à assurer un contact substantiel entre chacune des plaques 130 et 131 et une paroi thermiquement conductrice (142,141) du boîtier 140. On entend par boîtier l'enveloppe délimitant l'intérieur du module de l'extérieur du module de la batterie
30 au contact de l'air. De préférence, ce boîtier est en matériau métallique, par exemple en aluminium, de manière à assurer un cloisonnement étanche entre l'intérieur du boîtier et l'extérieur tout en favorisant la conduction thermique. Le boîtier peut être également en matière plastique ou composite, comprenant par exemple un ou plusieurs polymères thermoplastiques de type PLA (Acide polylactique), ABS (Acrylonitrile-butadiène-styrène),

nylon. La conduction thermique de la paroi du boîtier en contact avec la plaque est de préférence supérieure à 0,1 W/m/K, et plus préférentiellement supérieure à 10 W/m/K. Le boîtier, qui peut être également monté en plusieurs parties de natures différentes, est de préférence étanche, et équipé de passages étanches pour l'entrée et la sortie des connexions électriques du module selon les besoins. Le boîtier peut comprendre des ailettes, sur la face externe de la ou des parois thermiquement conductrices du boîtier à l'extérieur du module, permettant d'améliorer la dissipation et l'évacuation de la chaleur à l'extérieur de la batterie, par exemple au contact d'air.

L'épaisseur de la paroi du boîtier en contact avec la plaque du collecteur est choisie, en fonction du matériau qui la compose, de manière à dissiper et évacuer la chaleur transmise par le collecteur thermique, et à présenter une conductivité thermique telle que préférentiellement définie ci-dessus. A titre d'exemple, une paroi thermiquement conductrice du boîtier en plastique adaptée a de préférence une épaisseur inférieure à 5 mm.

Les parois thermiquement conductrices 142 et 141 du boîtier 140 sont respectivement en contact avec la plaque 130 et la plaque 131 des collecteurs thermiques, de manière à développer une surface de contact entre chaque plaque et chaque paroi thermiquement conductrice du boîtier telle que la chaleur de l'ensemble des cellules 100 est dissipée et évacuée vers l'extérieur de la batterie de manière passive.

Ainsi, la batterie modulaire selon l'invention est avantageusement conçue pour former un drain thermique entre les sources de production de chaleur (cellules et connectiques) et l'extérieur, ce qui permet d'évacuer efficacement, par conduction au travers de différents matériaux mis en contact, les calories produites en charge et en décharge, ou encore produites lors d'un court-circuit au niveau des connectiques. On limite ainsi le développement de points chauds propices à l'emballement thermique de la batterie. On limite également le développement de gradients thermiques dans les cellules propices au vieillissement de celles-ci. De surcroit, la protection mécanique des connectiques assurée par le boîtier et par les joints réduit les risques d'occurrence et de propagation de court-circuit.

30

Bien que les cellules soient représentées jointives, en contact les unes avec les autres, celles-ci pourraient être espacées selon une variante de ce premier mode de réalisation, au moyen par exemple d'un flasque, comme mentionné plus haut.

La description de ce premier mode de réalisation a été faite en relation avec des cellules prismatiques, comportant leur deux bornes sur une même face. Cependant, une variante avec des cellules d'une autre forme, comportant également leur deux bornes sur une même face, ou encore une variante comprenant des cellules comportant une borne à
5 chaque extrémités, comme cela est classiquement le cas des batteries cylindriques, par exemple de type Li-ion, peuvent être envisagées selon la présente invention.

Un avantage lié à une batterie selon l'invention comprenant des cellules avec leur deux bornes sur une même face, tel que des cellules prismatiques, est que toutes les connectiques reliant les cellules entre elles sur un même plateau sont en contact avec le
10 joint thermique, ce qui permet d'éviter d'évacuer la chaleur d'une connectique non en contact avec le joint thermique à travers l'accumulateur, et d'éviter d'éventuels points chauds au niveau des connectiques non en contact avec le joint.

Diverses configurations de connexion électrique, en série et/ou en parallèle,
15 entre les cellules d'un même plateau sont possibles selon l'invention, sans modifier la disposition générale en sandwich du joint surmontant les connectiques, lui-même surmonté par la plaque du collecteur thermique qui est en contact substantiel et recouvert par une paroi thermiquement conductrice du boîtier.

20 Un deuxième mode de réalisation de la batterie selon l'invention est à présent décrit ci-dessous en relation avec les figures 2, 3 et 4. Dans ce deuxième mode de réalisation, la batterie comporte au moins deux plateaux de cellules, et le dispositif de protection et de régulation thermique est similaire à celui du premier mode de réalisation, à l'exception qu'un pont thermique est assuré par au moins une tige en matériau
25 thermiquement conducteur reliant les plaques des collecteurs, et que de préférence seule une plaque du collecteur associée à l'un des deux plateaux est en contact avec une paroi thermiquement conductrice du boîtier.

La Figure 2 est une vue schématique en coupe transversale illustrant un premier exemple de batterie selon ce deuxième mode de réalisation. Seule une partie de la
30 batterie est représentée.

La batterie modulaire 2000 comporte un module comprenant une pluralité de cellules électrochimiques de stockage et de restitution d'énergie électrique 200. Les cellules 200 sont des cellules Li-ion cylindriques dont les bornes positive et négative sont situées aux deux extrémités. Les cellules 200 sont combinées électriquement en série

et/ou parallèle, et sont arrangées de manière à former deux plateaux 201 et 202. L'ensemble des cellules ainsi connectées développent une tension et une capacité adaptées à des applications pour lesquelles une cellule unique ne suffit pas, telles que des applications de traction de véhicules.

5 Chaque plateau est défini et formé tel que décrit en relation avec la figure 1.

Sur la coupe transversale de la figure 2, sont représentées, pour chacun des plateaux 201 et 202, quatre cellules 200 alignées selon la direction Y pour former une rangée. Les deux plateaux 201 et 202 sont disposés l'un au-dessus de l'autre selon la direction verticale Z. Chaque plateau présente une face supérieure opposée à une face inférieure, la face supérieure étant tournée vers l'extérieur de la batterie. Le plateau 201
10 comporte ainsi une face supérieure 201a et une face inférieure 201b, et le plateau 202 comporte une face supérieure 202a et une face inférieure 202b, les deux faces inférieures 201b et 202b étant en vis-à-vis au sein du module. Les faces supérieures 201a et 202a, sont tournées vers l'extérieur du module, et comportent un ensemble de connectiques
15 reliant les bornes des cellules cylindriques 200.

Selon ce mode de réalisation, les cellules 200 sont espacées les unes des autres. L'espace entre les cellules d'une même rangée peut être utilisé pour laisser le passage à des tiges 250 reliant deux plaques de collecte 230 et 231 décrites plus bas. Alternativement, les cellules peuvent être en contact. Un flasque (non représenté) est de
20 préférence utilisée pour maintenir, au sein d'un plateau, les cellules 200 à une distance fixe les unes des autres, ainsi que pour maintenir un écartement entre les plateaux.

Sur un plateau donné, chaque cellule 200 est connectée par l'intermédiaire d'au moins une de ses bornes à l'une des bornes d'une cellule 200 voisine au moyen d'une connectique (210,211,213) appropriée au passage du courant, par exemple une
25 connectique métallique, tel qu'un clinquant de cuivre ou de nickel. Les connectiques 210 et 211 sont situées sur les faces supérieures 201a et 202a des plateaux 201 et 202 et relient deux par deux les cellules voisines d'une même rangée. Les connectiques 213, situées sur les faces inférieures 201b et 202b des plateaux 201 et 202, relient également
30 les cellules d'un même plateau entre elles. Des connectiques 212 permettent également de connecter les cellules des deux plateaux.

Un exemple de connexion électrique entre les cellules est donné sur la figure 2. Les cellules alignées selon une rangée pour chaque plateau sont par exemple reliées électriquement deux à deux en série selon la direction Y, par les connectiques 210, 211 et

213, et les cellules entre les deux plateaux 201 et 202 sont par exemple reliées électriquement en série selon la direction Z, par des connectiques 212.

Chaque connectique (210, 211) située sur les faces supérieures 201a et 202a des plateaux 201 et 202 est surmontée par un joint (220,221), de préférence plan, isolant
5 électrique et conducteur thermique. De préférence, chaque joint recouvre la plus grande partie de la surface des bornes reliées par chaque connectique.

Les joints sont fabriqués à base d'un matériau polymère, non conducteur électrique, incluant des charges conductrices thermiques de manière à préserver l'isolation électrique tout en assurant un certain niveau de conduction thermique. Les
10 charges conductrices thermiques peuvent être du carbure de silicium, des céramiques, des métaux, du graphite, par exemple sous formes de poudres. Les joints, isolants électriques, présentent de préférence des résistivités supérieures à 10^6 Ohm/m. La conductivité thermique des joints est de préférence supérieure à 0,1 W/m/K.

Les joints peuvent se présenter sous forme de lamelles (forme discontinue du
15 joint) ou d'un tapis continu.

Les joints (220, 221) sont placés entre les connectiques (210, 211) et une plaque de collecte (230, 231) d'un collecteur thermique, selon la direction Z. Chaque joint est ainsi intercalé entre les connectiques (210,211) de la première face (201a,202a) des plateaux et le collecteur thermique comprenant au moins une plaque en matériau
20 thermiquement conducteur (230,231) en contact avec le joint. Ces joints assurent une liaison thermique entre les connectiques (110,111) et le collecteur thermique (130, 131) par contact substantiel entre leurs deux faces.

Ces joints assurent une liaison thermique entre les connectiques (210,211) et le collecteur thermique (230, 231) par contact substantiel entre leurs deux faces.

25 Selon cet exemple du deuxième mode de réalisation, les deux collecteurs thermiques comprennent deux plaques 230 et 231 dotées de très bonnes propriétés de conduction thermique. Chaque plaque recouvre l'ensemble des joints d'un plateau positionnés sur les connectiques présentées par les faces supérieures 201a et 202a des plateaux 201 et 202. Le module comportant deux plateaux 201 et 202 est donc doté de
30 deux plaques 230 et 231 disposées vers l'extérieur comme illustré sur la figure 2.

Les deux plaques 230 et 231 sont reliées entre elles par des tiges 250 également dotées de très bonnes propriétés de conduction thermique. Ces tiges sont fixées par leurs extrémités aux plaques 230 et 231 par tout moyen de fixation appropriée, par exemple par vissage ou soudure, de manière à assurer un pont thermique efficace. Les tiges 250 sont

de forme cylindrique. Toutefois, les tiges peuvent présenter d'autres formes, de préférence compatible avec la forme des cellules afin notamment de faciliter leur insertion entre celles-ci. Ainsi, si des cellules prismatiques sont utilisées dans ce deuxième mode de réalisation, une forme parallélépipédique des tiges peut être appropriée, et les tiges
5 peuvent être des plaques minces allongées selon la direction verticale Z.

L'ensemble des tiges et des collecteurs forme également une structure rigide enveloppant les cellules dans le boîtier, qui permet de protéger la batterie de déformations induites par des forces externes d'exerçant sur le boîtier.

Les collecteurs thermiques, comprenant les deux plaques 230 et 231, ainsi que
10 les tiges 250, sont constitués à partir d'un ou plusieurs matériaux conducteurs thermiques, de préférence des matériaux métalliques, par exemple de l'aluminium, ou par des matériaux composites contenant des charges conductrices thermiques, telles que du carbure de silicium, des céramiques, des métaux, du graphite, par exemple sous formes de poudres. Les collecteurs thermiques et les tiges ont une conductivité thermique de
15 préférence supérieure à 10 W/m/K, et plus préférentiellement supérieure à 100 W/m/K.

L'ensemble des plaques et des tiges permet de collecter la chaleur des connectiques et des cellules 200 de tout le module. Une telle configuration permet également une répartition homogène de la chaleur entre les cellules, y compris entre les cellules des différents plateaux.

20 L'ensemble formé par les cellules 200, les connectiques (210,211), les joints (220,221), et le collecteur thermique est inclus dans un boîtier 240 de manière à assurer un contact substantiel entre au moins une plaque du collecteur et une paroi thermiquement conductrice du boîtier 240, en l'occurrence la plaque de collecte 230 et la paroi thermiquement conductrice 242 du boîtier selon la figure 2.

25 Le boîtier est identique à celui décrit en relation avec la figure 1, à l'exception du fait qu'une seule paroi thermiquement conductrice est nécessaire pour dissiper et évacuer la chaleur vers l'extérieur. De préférence, ce boîtier est en matériau métallique, par exemple en aluminium, de manière à assurer un cloisonnement étanche entre l'intérieur du boîtier et l'extérieur tout en favorisant la conduction thermique. Le boîtier peut être
30 également en matière plastique ou composite, comprenant par exemple un ou plusieurs polymères thermoplastiques de type PLA (Acide polylactique), ABS (Acrylonitrile-butadiène-styrène), nylon. La conduction thermique de la paroi du boîtier en contact avec la plaque est de préférence supérieure à 0,1 W/m/K, et plus préférentiellement supérieure à 10 W/m/K. Le boîtier, qui peut être également monté en plusieurs parties de natures

différentes, est de préférence étanche, et équipé de passages étanches pour l'entrée et la sortie des connexions électriques du module selon les besoins.

La paroi thermiquement conductrice 242 du boîtier 240 est en contact avec la plaque thermiquement conductrice 230 du collecteur thermique, de manière à développer
5 une surface de contact telle que la chaleur de l'ensemble des cellules 200 est dissipée et évacuée vers l'extérieur de la batterie de manière passive. Les tiges 250 peuvent être fixées au boîtier 240.

La Figure 3 est une vue schématique en coupe longitudinale (selon un plan
10 parallèle au plan XY) de la batterie illustrée à la figure 2. Seule une partie de la batterie est représentée.

Cette coupe permet de mieux comprendre un exemple de configuration des cellules d'un plateau, des connectiques et de la disposition des tiges.

Sur cette coupe ne sont pas représentés les joints, le collecteur thermique et le
15 boîtier.

Sur la coupe de la figure 3 est visible le plateau inférieur 201, en particulier la face supérieure 201a, comportant six rangées r1 à r6 de cellules 200, chaque rangée comportant 4 cellules. Les connectiques 210 relient électriquement les cellules 200, par exemple deux à deux sur une même rangée, et toutes les cellules selon la direction X de
20 deux rangées adjacentes. Les connectiques 210 sont des clinquants métalliques comportant de trous pour laisser le passage des tiges 250, avec lesquelles tout contact est évité.

Les tiges 250 sont disposées entre quatre cellules adjacentes du plateau.
25 L'espace entre quatre cellules adjacentes cylindriques peut en effet être plus important que l'espace entre deux cellules adjacentes sur une même rangée ou selon la direction Y, et permettre une insertion plus aisée des tiges. Quinze tiges 250 sont ainsi disposées dans le module comprenant $m=6$ rangées de $n=4$ cellules par rangées, soit $(n-1) \times (m-1)$ tiges avec n le nombre de cellules par rangées et m le nombre de rangées, constituant un
30 exemple de disposition des tiges.

D'autres dispositions des tiges sont possibles, avec de préférence au moins une tige, et plus préférentiellement un nombre de tige compris entre 2 et $(n-1) \times (m-1)$. Les tiges peuvent ainsi être distribuées, de manière aléatoire, ou selon une symétrie particulière, entre les cellules des plateaux. Une ou plusieurs tiges peuvent également

être positionnées en périphérie des plateaux, entre les parois du boîtier et le périmètre formé par les cellules. La conduction thermique entre les plaques de collecte est améliorée avec un nombre croissant de tiges.

5 Selon le deuxième mode de réalisation, la batterie peut comprendre plus de deux plateaux de cellules. Dans ce cas, pour chaque plateau additionnel, disposé entre les deux plateaux, une plaque de collecte supplémentaire dotée de très bonnes propriétés de conduction thermique, et percée de trous pour laisser passer les tiges, est insérée au contact d'un joint supplémentaire placé sur une des faces du plateau additionnel
10 intermédiaire aux deux plateaux. Le contact entre les plaques de collecte supplémentaires et les tiges est assuré dans les règles du métier, par ajustement et soudure ou encore en utilisant une pâte thermique.

A titre d'exemple, la figure 4 représente schématiquement une variante à trois plateaux du deuxième mode réalisation.

15 La description des éléments identiques entre la première et la deuxième variantes du deuxième mode de réalisation, portant les mêmes références dans les figures 2,3 et 4 ne sont pas repris ici.

 Selon cette variante, la batterie 3000 comporte un troisième plateau 302, qui est un plateau intermédiaire disposé entre le premier plateau 201 et le deuxième plateau 202, selon l'axe Z, qui est aussi l'axe de symétrie des cellules 200. Le premier et le deuxième
20 plateau ont leur face supérieure 201a et 202a plus proche du boîtier 240 que leur face inférieure 201b et 202b.

 Ce plateau intermédiaire 302 est organisé de la même manière que les plateaux 201 et 202 du point de vue de l'arrangement des cellules 200 et des connectiques 311 et 313 qui relient les bornes des cellules du plateau, les connectiques 311 étant portées par
25 une première face 302a du plateau intermédiaire 302 et les connectiques étant portées par une deuxième face 302b du plateau intermédiaire. D'autres connectiques 312 et 314 permettent de connecter électriquement les cellules du plateau intermédiaire et celles du premier plateau 201 et du deuxième plateau 202.

30 Selon cette variante, le troisième plateau comporte un dispositif de protection et de régulation thermique similaire aux deux autres plateaux. La batterie comprend donc, pour le troisième plateau 302, un joint supplémentaire 322, de préférence plan, en matériau isolant électrique et conducteur thermique surmontant chaque connectique de la première face ou de la deuxième face du troisième plateau, par exemple la première face

302a tel que représenté dans la figure 4. Le joint supplémentaire 322 recouvre de préférence la plus grande partie des bornes reliées par chaque connectique. Le joint supplémentaire 322 comporte des trous permettant le passage des tiges 250.

Une plaque de collecte supplémentaire 332 en matériau thermiquement conducteur, à l'instar des autres plaques de collecte 230 et 231, est disposée sur ledit joint supplémentaire, et comporte également des trous pour le passage des tiges.

Le contact entre la plaque supplémentaire 332 et les tiges 250 est par exemple réalisé par ajustement et soudure, ou encore par utilisation d'une pâte thermique, par exemple une graisse comprenant des particules d'argent, ou un silicone conducteur thermique.

Les cellules ont été décrites dans ce deuxième mode de réalisation, en référence avec les figures 2 et 3, comme étant de forme cylindrique mais toute autre forme, comme des cellules prismatiques, de forme parallélépipédique, peut être envisagée.

15

Selon ce deuxième mode de réalisation, il est avantageusement possible d'évacuer la chaleur vers l'extérieur par l'intermédiaire d'une seule face du boîtier, permettant ainsi plus de flexibilité, et donc de simplicité, pour l'agencement de composants dans la batterie et pour son intégration dans le système qui la contient. Dans le cas de l'intégration dans un véhicule par exemple, la batterie peut être introduite sous le bas de caisse, et être ainsi refroidie au niveau de ladite face du boîtier par convection forcée avec l'air extérieur, la vitesse de l'air dépendant de la vitesse du véhicule.

L'usage de capteurs pour instrumenter l'intérieur du module, l'ajout d'éléments ou circuits dissipatifs à l'intérieur ou à l'extérieur du module, ou encore l'insertion de composants électroniques à l'intérieur du module de batterie selon l'invention peut être envisagé, sans sortir du cadre de la présente invention.

La présente invention n'est pas limitée aux différents mode de réalisation et leur variantes décrits ci-dessus et illustrés par les figures, qui peuvent être modifiés sans s'écarter des objectifs visés par l'invention, et qui peuvent être combinés entre eux.

La batterie modulaire selon l'invention peut être utilisées pour de nombreuses applications. Avantageusement, la batterie modulaire selon l'invention peut être intégrée

dans un véhicule électrique ou hybride, et utilisée pour la traction d'un tel véhicule, apportant plus de sécurité lors du fonctionnement du véhicule grâce à une régulation thermique optimisée et une protection mécanique efficace de la batterie limitant l'occurrence et la propagation de court-circuit dans la batterie.

5

Exemples

Les exemples suivants permettent d'illustrer la régulation thermique d'un exemple de batterie selon l'invention en s'appuyant sur une simulation numérique, et de comparer la chaleur développée dans une batterie selon l'invention et dans des batteries sans dispositif de protection et de régulation thermique selon l'invention.

10

Batterie modulaire selon l'invention

On considère un module de batterie Li-ion constitué de deux plateaux superposés de cellules Li-ion LFP/C cylindriques de format 26650 et de capacité 3Ah connectées en série/parallèle par des connectiques métalliques (bus barre en nickel d'une épaisseur de 200 μm). La température maximum des cellules spécifiée par le fabricant est de 56 °C. Chaque plateau comprend au moins un alignement de 8 cellules constituant une rangée. La distance entre les cellules d'une même rangée au sein d'un plateau est fixée à 2 mm. La distance entre les rangées au sein d'un plateau est fixée à 2 mm. La distance entre les plateaux est de 9 mm. L'ensemble est maintenu par des flasques.

15

20

Le module comporte des joints plastiques isolants électriques et thermiquement conducteurs individuels d'une épaisseur de 4 mm et de deux plaques de collecte métalliques formant deux collecteurs thermiques, d'une épaisseur de 6 mm. Les joints individuels assurent la liaison entre les connectiques des cellules et les plaques métalliques des collecteurs thermiques. Ces dernières sont au contact direct avec les faces supérieures et inférieures du boîtier étanche en matière plastique d'épaisseur 2 mm.

25

Batteries modulaires selon l'art antérieur

30

Une première batterie de référence selon l'état de l'art comporte un module comprenant un simple boîtier étanche en matière plastique d'épaisseur 2 mm.

Une deuxième batterie de référence selon l'état de l'art comporte également un module comprenant un simple boîtier étanche en matière plastique d'épaisseur 2 mm. Le boîtier comprend en outre un fond muni d'ailettes en aluminium.

Dans les deux cas, le module comporte deux plateaux superposés de cellules Li-ion LFP/C cylindriques de format 26650 et de capacité 3Ah connectées en série/parallèle par des connectiques métalliques (bus barre en nickel d'une épaisseur de 200 μm). La température maximum des cellules spécifiée par le fabricant est de 56 °C. Chaque plateau comprend au moins un alignement de 8 cellules constituant une rangée.

Le module est serré entre deux flasques, et une distance de 2 cm est laissée sur chaque bord latéral du boîtier. Dans la partie supérieure, un espace de 1 cm environ est ménagé, afin notamment de pouvoir positionner les cartes électroniques.

Conditions d'usage appliquées

Ces conditions sont appliquées pour les trois batteries testées par simulation.

L'ensemble du module a une température initiale de 20 °C.

L'air intérieur est ventilé par convection naturelle entre les cellules et les plateaux du module. Le coefficient d'échange thermique est fixé à 5 W/m²/K. La ventilation extérieure est réalisée sur les 6 faces du boîtier par convection forcée d'air, avec un coefficient d'échange thermique de 100 W/m²/K.

Ce module est sollicité électriquement suivant un cyclage de charge et décharge, à savoir une recharge de 5 A pendant 10 minutes suivie d'une décharge de 5 A pendant 10 minutes. Le module subit 6 fois ce type de cyclage correspondant à une durée de 2 heures au total.

Les valeurs de conductivité thermique à 20 °C des matériaux et composants considérés sont résumées dans le tableau ci-dessous.

composant	air	Aluminium	Joint thermique	Ni	paraffine	plastique	Cellule axial	Cellule radial
Lambda W/m.K	0,026	237	2	50	0,2	0,2	14	1,4

La figure 5 présente le résultat de la montée en température observée après le cyclage prédéfini dans la première batterie de référence selon l'art antérieur.

La figure 6 présente le résultat de la montée en température observée après le cyclage prédéfini dans la deuxième batterie de référence selon l'art antérieur.

Une échelle de la température est donnée à droite par une variation de niveaux de gris. Dans les figures, l'abscisse représente une distance en mètre selon la direction Y et l'ordonnée représente une distance en mètre selon la direction Z (hauteur de la batterie).

On constate que la température des cellules augmente jusqu'à 70 °C environ, avec ou sans ailettes, tel qu'indiqué par les traits en pointillé sur l'échelle de température. Cette élévation de température est supérieure à la température maximum spécifiée pour les cellules Li-ion de ces exemples. Ainsi, les batteries selon l'art antérieur telles que décrites ne peuvent pas assurer les deux heures d'usage prévues en toute sécurité.

La figure 7 présente le résultat de la montée en température observée après le cyclage prédéfini dans l'exemple de batterie modulaire selon l'invention. La température des cellules après cyclage reste homogène autour de 36 °C, tel qu'indiqué par les traits en pointillé sur l'échelle de température, soit 34 °C de différence avec les cas de référence selon l'art antérieur. Ainsi, la batterie selon l'invention tel qu'exemplifiée, permet de continuer l'utilisation du module pendant plus de 2 heures.

REVENDEICATIONS

1. Batterie électrique modulaire (1000, 2000, 3000) comportant :
- 5 - un ensemble de cellules électrochimiques de stockage et de restitution d'énergie électrique (100, 200) connectées électriquement entre elles, chaque cellule comportant une borne positive et une borne négative, les cellules étant disposées les unes à côté des autres pour former au moins un plateau (101, 201) comprenant au moins une première face (101a, 201a) comportant des moyens de connexion électrique (110, 210) entre les cellules,
 - 10 - un dispositif de protection et de régulation thermique comprenant au moins un joint en matériau à la fois isolant électrique et conducteur thermique (120,220) intercalé entre lesdits moyens de connexion électrique (110, 210) de ladite première face et un collecteur thermique comprenant au moins une plaque en matériau thermiquement conducteur (130,230) en contact avec ledit joint,
 - 15 - un boîtier (140,240) contenant au moins ledit ensemble de cellules et comportant au moins une paroi thermiquement conductrice (142, 242) en contact avec ladite plaque.
- 2) Batterie selon la revendication 1, comprenant au moins deux plateaux de cellules (101,102,201,202), disposés l'un face à l'autre par une deuxième face (101b,102b,201b, 20 202b), opposée à ladite première face comportant des moyens de connexion.
- 3) Batterie selon la revendication 2, comprenant au moins une tige en matériau thermiquement conducteur (250) fixée à ses deux extrémités auxdites plaques (230,231) de chacun des deux plateaux (201,202), ladite tige étant insérée entre les cellules (200).
- 25 4) Batterie selon la revendication 3, dans laquelle le boîtier (240) comporte une seule paroi thermiquement conductrice (242) en contact avec une seule plaque (230) du collecteur, de manière à développer une surface de contact telle que la chaleur de l'ensemble des cellules est dissipée et évacuée vers l'extérieur de la batterie de manière
- 30 passive.
- 5) Batterie selon l'une des revendications 3 à 4, comprenant au moins un plateau intermédiaire (302) disposé entre lesdits deux plateaux (201,202), et comportant un dispositif de protection et de régulation thermique similaire aux autres plateaux, ladite au

moins une tige en matériau thermiquement conducteur étant en outre fixée à la plaque du plateau intermédiaire (302).

- 5 6) Batterie selon l'une des revendications 3 à 5, comprenant une pluralité de tiges réparties entre les cellules, chaque tige étant de préférence disposée entre quatre cellules adjacentes situées sur deux rangées de cellules d'un même plateau, l'ensemble de tiges comprenant de préférence entre 2 et $(n-1) \times (m-1)$ tiges, n étant le nombre de cellules par rangée d'un plateau et m étant le nombre de rangées du même plateau.
- 10 7) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les cellules sont de forme cylindrique, de préférence ayant chacune leur borne positive et leur borne négative sur deux faces opposées de la cellule.
- 15 8) Batterie selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle les cellules électrochimiques sont des cellules prismatiques, ayant chacune leur borne positive et leur borne négative sur une même face de la cellule.
- 20 9) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle les cellules sont de type Li-ion.
- 10) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ladite plaque est formée d'un ou plusieurs matériaux thermiquement conducteur, de préférence en métal et/ou en matériau composite comprenant des charges thermiquement conductrices.
- 25 11) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ledit joint est sous une forme discontinue et constitué par un ensemble de lamelles.
- 30 12) Batterie selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle ledit joint est sous forme d'un tapis continu.
- 13) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle ledit joint est en matière plastique.
- 35 14) Batterie selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la paroi thermiquement conductrice du boîtier est en matériau plastique ou composite comprenant

de préférence un ou plusieurs polymères thermoplastiques de type acide polylactique, acrylonitrile-butadiène-styrène, ou nylon.

15) Batterie selon l'une des revendications 1 à 13, dans laquelle la paroi thermiquement conductrice du boîtier est en métal, de préférence en aluminium.

16) Véhicule électrique ou hybride comprenant une batterie selon l'une des revendications précédentes.

1 / 5

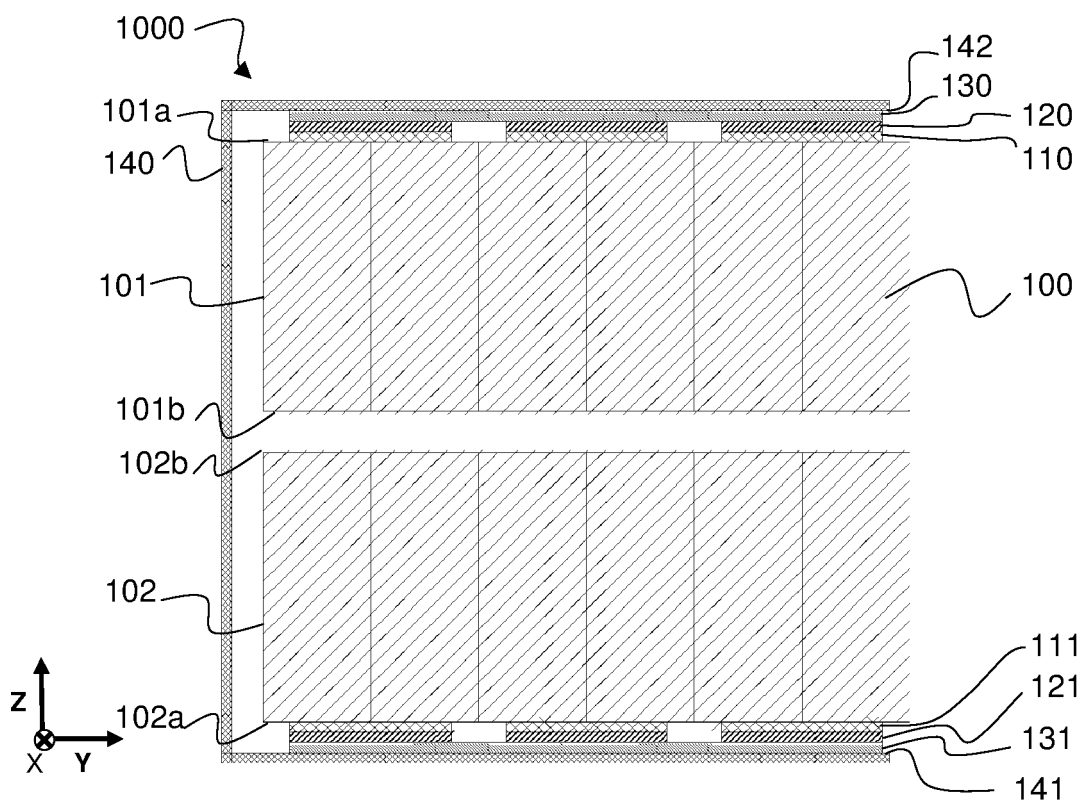


FIG. 1

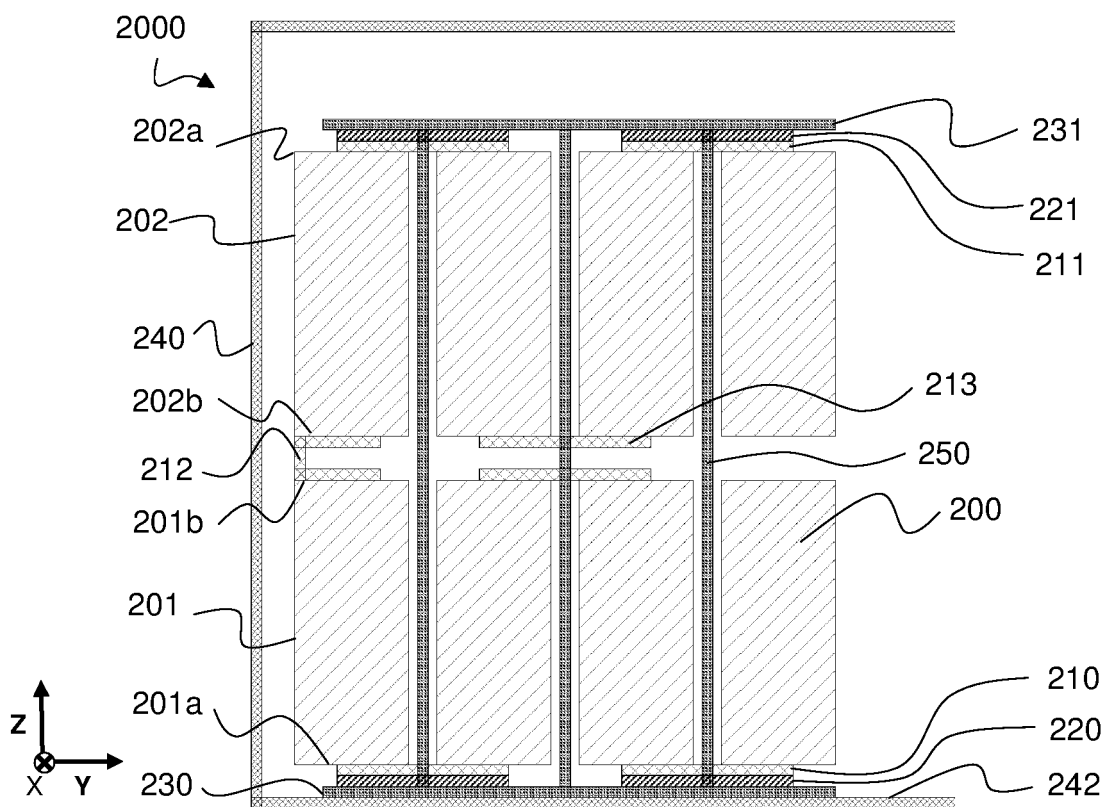


FIG. 2

3 / 5

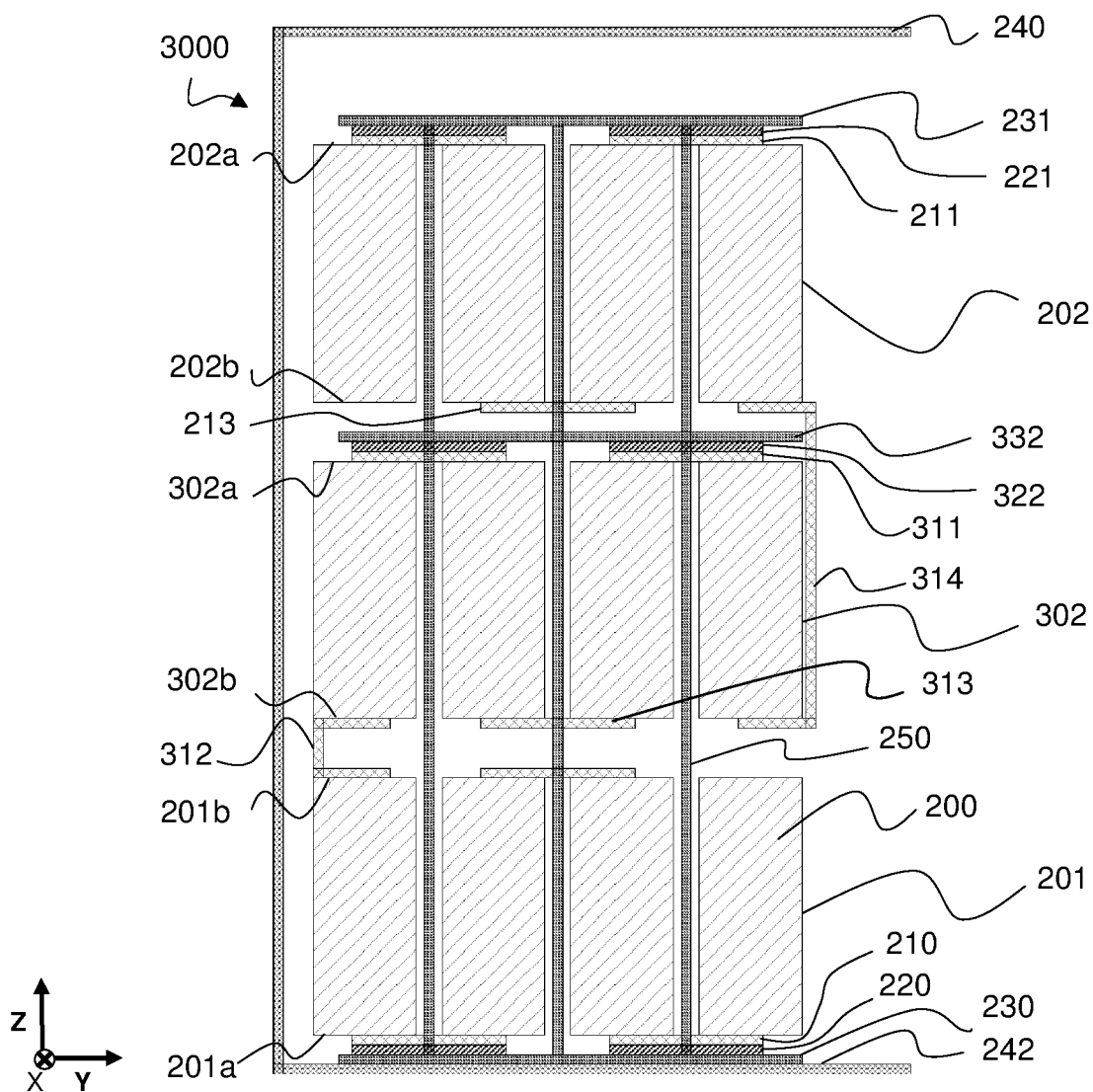


FIG. 4

4 / 5

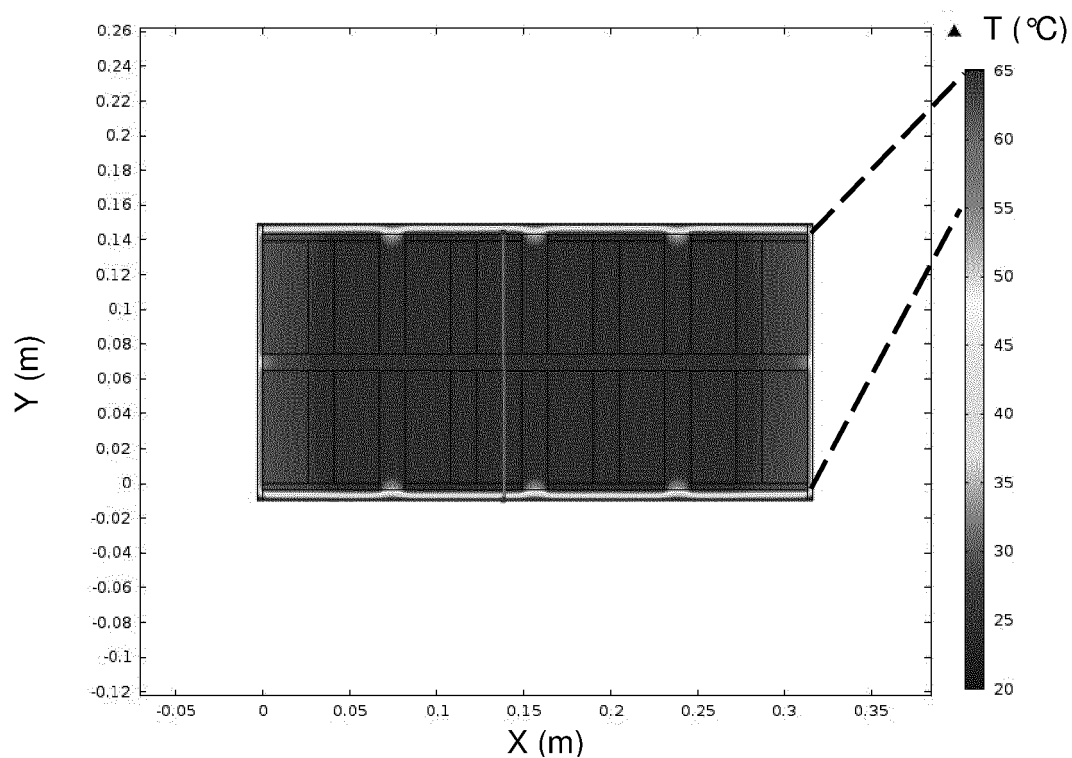


FIG. 5 – ART ANTERIEUR

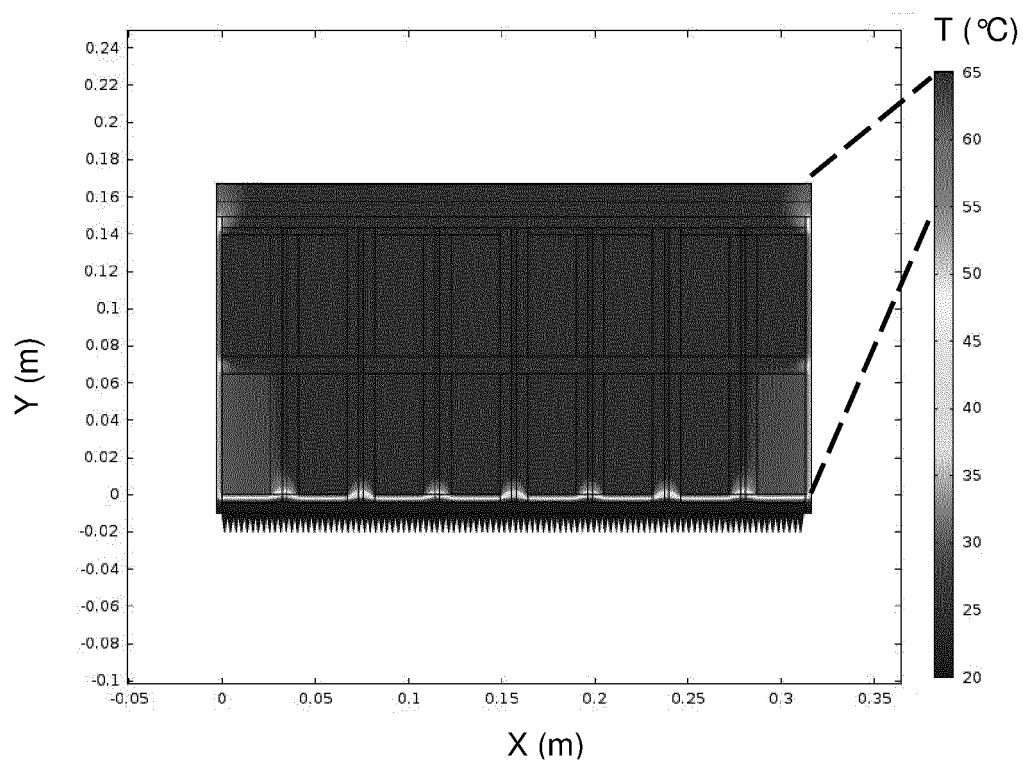


FIG. 6 – ART ANTERIEUR

5 / 5

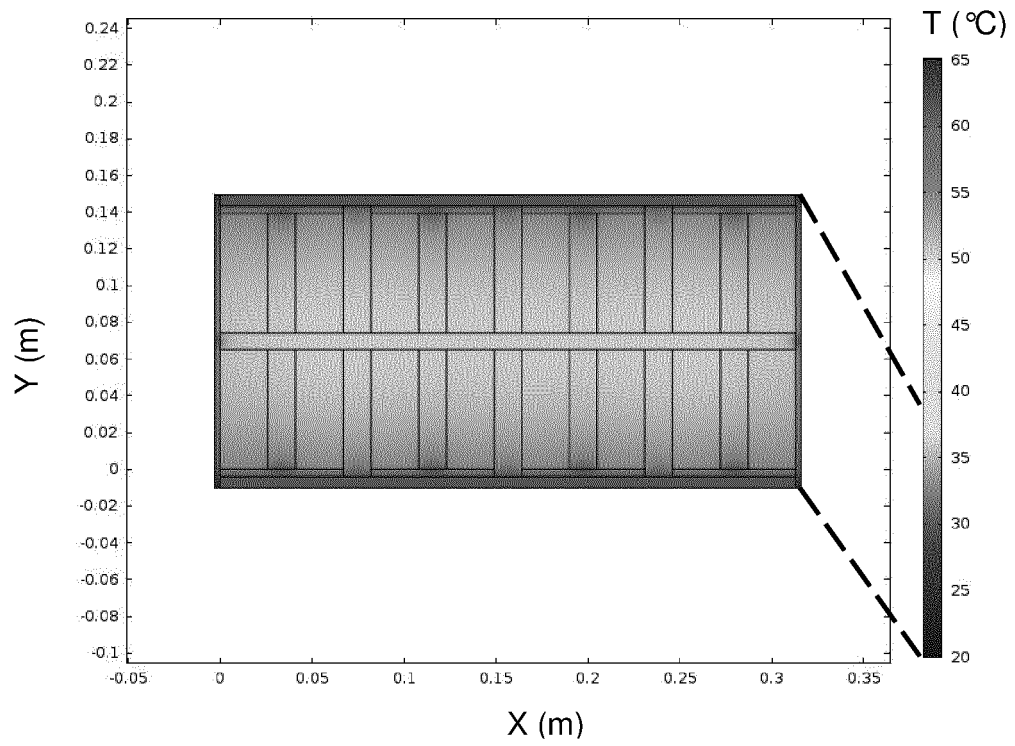


FIG. 7



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 798267
FR 1455439

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2009/297892 A1 (IJAZ MUJEEB [US] ET AL) 3 décembre 2009 (2009-12-03)	1,2,7-16	H01M10/6554 H01M10/653
A	* alinéas [0061], [0070], [0083]; figures 1-5 *	3-6	
X	JP H11 354166 A (SONY TEKTRONIX CORP) 24 décembre 1999 (1999-12-24)	1,2,7,8, 10,12-16	
X	US 2005/026014 A1 (FOGAING MICHAEL [CA] ET AL) 3 février 2005 (2005-02-03)	1,7-10, 14	
X	WO 2013/113691 A1 (BATSCAP SA [FR]) 8 août 2013 (2013-08-08)	1,2,7-16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01M B60L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 janvier 2015		Maître, Jérôme	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1455439 FA 798267**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-01-2015**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009297892 A1	03-12-2009	CA 2721548 A1	23-12-2009
		CN 102057519 A	11-05-2011
		EP 2266154 A2	29-12-2010
		JP 5518046 B2	11-06-2014
		JP 2011521403 A	21-07-2011
		KR 20100134111 A	22-12-2010
		US 2009297892 A1	03-12-2009
		WO 2009154855 A2	23-12-2009

JP H11354166 A	24-12-1999	AUCUN	

US 2005026014 A1	03-02-2005	AT 524851 T	15-09-2011
		CA 2533447 A1	10-02-2005
		EP 1665448 A2	07-06-2006
		JP 4842129 B2	21-12-2011
		JP 2007500920 A	18-01-2007
		US 2005026014 A1	03-02-2005
		WO 2005013407 A2	10-02-2005

WO 2013113691 A1	08-08-2013	AU 2013214329 A1	28-08-2014
		CA 2863270 A1	08-08-2013
		CN 104185884 A	03-12-2014
		EP 2810286 A1	10-12-2014
		FR 2986657 A1	09-08-2013
		US 2015016023 A1	15-01-2015
		WO 2013113691 A1	08-08-2013
